



## ANALISIS PENURUNAN KADAR Cr (CHROMIUM), Fe (BESI) dan Mn (MANGAN) PADA LIMBAH CAIR LABORATORIUM TEKNOLOGI LINGKUNGAN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MULAWARMAN SAMARINDA DENGAN MENGGUNAKAN METODE ELEKTROLISIS

Fakhrudin<sup>1\*</sup>, Juli Nurdiana<sup>2</sup>, Dyah Wahyu Wijayanti<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi S1 Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman  
Kampus Gunung Kelua Jalan Sambaliung No.9, Samarinda 75119

Telp: 0541-736834, Fax: 0541-749315

\*Email: [fahrun.fakhrudin@gmail.com](mailto:fahrun.fakhrudin@gmail.com)

### Abstrak

Universitas pada umumnya memiliki laboratorium yang berperan sebagai fasilitas penunjang kegiatan pendidikan. Laboratorium biasanya digunakan untuk melakukan proses percobaan atau analisis kimia yang menghasilkan limbah. Limbah cair laboratorium termasuk golongan limbah bahan berbahaya dan beracun (B3). Pengolahan secara elektrolisis yang dilakukan pada penelitian ini diharapkan mampu menurunkan kadar Cr, Fe, Mn, dan pH pada limbah laboratorium. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui metode elektrolisis efektif dalam menurunkan kadar Cr, Fe, Mn, dan pH, mengetahui variasi tegangan dan waktu optimum, dan mengetahui pengaruh variasi tegangan dan waktu kontak. Pengolahan yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah elektrolisis dengan menggunakan plat aluminium sebagai katoda dan anoda dengan variasi tegangan (6V, 9V, dan 12V) dan waktu kontak (30 menit, 60 menit, dan 90 menit). Dari hasil penelitian, metode Elektrolisis efektif pada Logam Berat chromium, mangan, dan terjadi peningkatan nilai pH setelah pengolahan. Dapat dilihat dari nilai efektifitas penurunan chromium pada variasi tegangan 12 Volt dengan waktu pengolahan 90 menit sebesar 85,08%, mangan pada variasi tegangan 12 Volt dengan waktu pengolahan 90 menit sebesar 78,00% dan pH pada variasi 12 Volt dengan waktu pengolahan 90 menit sebesar 2,6. Untuk logam berat besi persentase penurunan tertinggi terjadi pada variasi 6 Volt 30 menit dengan nilai 37,86%, nilai ini menunjukkan bahwa secara efektifitas pengolahan dengan metode elektrolisis ini masih belum efektif untuk logam berat besi.

**Kata Kunci :** Penurunan, Limbah Cair Laboratorium, Elektrolisis

## 1. PENDAHULUAN

Universitas pada umumnya memiliki laboratorium yang berperan sebagai fasilitas penunjang kegiatan pendidikan. Laboratorium biasanya digunakan untuk melakukan proses percobaan atau analisis kimia yang menghasilkan limbah. Praktikum dan penelitian menggunakan bahan-bahan kimia untuk melakukan sintesis maupun analisis karena tujuan penggunaannya maka terbentuk bahan awal, produk samping, pelarut yang digunakan, dan bahan kimia yang terkontaminasi sehingga bahan tersebut harus diolah jika daur ulang tidak mungkin dilakukan

Limbah cair laboratorium termasuk golongan limbah bahan berbahaya dan beracun (B3), Limbah B3 berasal dari bahan kimia yang tidak dapat digunakan kembali atau telah kadaluarsa berdasarkan tanggal produksi yang dapat membahayakan manusia. Unsur-unsur berbahaya yang sebagian besar terdapat dalam limbah cair laboratorium adalah logam berat seperti besi (Fe), mangan (Mn), chromium (Cr), dan merkuri (Hg). Limbah laboratorium juga mengandung zat padat terlarut (TDS), amoniak (NH<sub>3</sub>), nitrit (NO<sub>2</sub>), dan derajat keasaman (pH).

Berdasarkan hal tersebut peneliti melakukan pengolahan dengan menggunakan proses elektrolisis dengan lempengan aluminium sebagai pasangan elektrodanya. Dengan demikian akan terbentuk proses penarikan ion kontaminan oleh katoda maupun anoda yang akan membuat kontaminan menempel, sehingga dapat menurunkan Cr, Fe, Mn, dan meningkatkan nilai pH yang ada pada limbah Laboratorium Teknologi Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Mulawarman.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Limbah cair juga disebut sebagai pencemar air, karena komponen pencemar air pada umumnya terdiri dari bahan padat, bahan buangan organik, dan bahan buangan anorganik. Bahan anorganik yang dianggap toksik adalah arsen (As), barium (Ba), cadmium (Cd), kromium (Cr), besi (Pb), merkuri (Hg), selenium (Se), dan *silver* (Ag) (Amril dkk, 2013).

Karakteristik air limbah laboratorium dapat dikategorikan sebagai bahan berbahaya dan beracun (B3). Sebagian besar unsur-unsur yang berbahaya yang terdapat dalam air limbah laboratorium adalah logam berat seperti besi (Fe), Mangan (Mn), krom (Cr) dan merkuri (Hg). Selain itu terdapat juga zat padat terlarut (TDS), Amoniak ( $\text{NH}_3$ ) dan Nitrit ( $\text{NO}_3$ ) dan tentu saja pengaruh derajat keasaman (pH). Diantara berbagai kandungan dalam limbah laboratorium kandungan yang paling berbahaya adalah logam berat (Palar, 2008).

Adapun kandungan logam berat limbah cair Laboratorium Lingkungan Fakultas Teknik UNMUL setelah dilakukan pengujian awal sebelum dikelola ditampilkan pada Tabel 1.

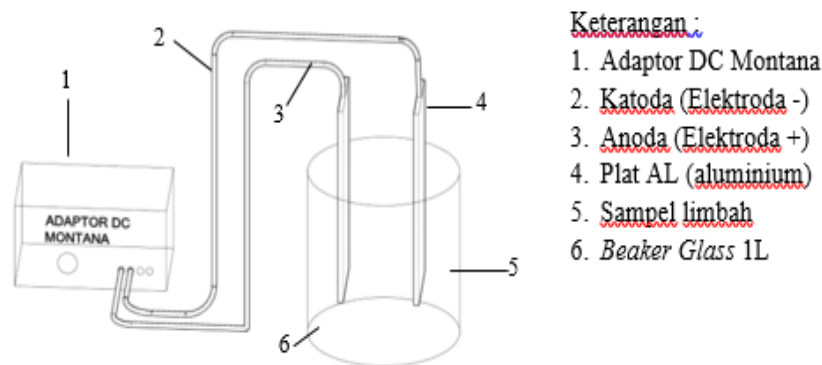
**Tabel 1. Kandungan Logam Berat Limbah Cair Laboratorium Fakultas Teknik**

Senyawa Logam Berat	Satuan	Jumlah	Baku Mutu Air Bersih
Besi (Fe)	Mg/L	65,50	1,0
Mangan (Mn)	Mg/L	270,00	0,5
<i>Chromium</i> (Cr)	Mg/L	79,10	0,05
Tembaga (Cu)	Mg/L	< 0,0078	-
Raksa (Hg)	Mg/L	0,01	0,001
Perak (Ag)	Mg/L	0,07	-
pH	-	0,3	6-8

Elektrolisis merupakan metode pengolahan air secara elektrokimia dimana pada anoda terhadap pelepasan koagulan aktif berupa ion logam biasanya aluminium atau besi (tergantung dari jenis anoda yang digunakan) ke dalam larutan, sedangkan pada katode terjadi reaksi elektrolisis berupa pelepasan gas hidrogen. Apabila dalam suatu elektrolit ditempatkan dua elektroda dan dialiri arus listrik searah maka akan terjadi peristiwa elektrokimia yaitu gejala dekomposisi elektrolit, dimana ion positif (kation) bergerak ke katoda dan menerima elektron yang direduksi dan ion negative (anion) bergerak ke anoda dan menyerahkan elektron yang dioksidasi

## 3. METODE PENELITIAN

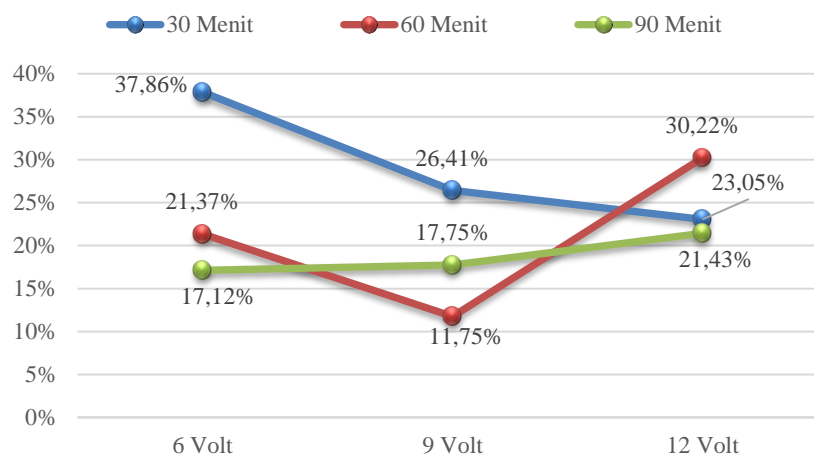
Metode penelitian yang digunakan adalah *experiment* deskriptif dengan percobaan langsung dilaboratorium. Eksperimen dilakukan dengan memberikan perlakuan terhadap variabel yang diteliti sehingga dampak perlakuan tersebut dapat ditarik kesimpulan yang korelasi dengan variabel-variabel yang diteliti. Penelitian ini akan dilakukan dengan sistem tipe *batch*, untuk mengetahui pengaruhnya terhadap penurunan kadar logam Cr, Fe, Mangan (Mn), dan pH. Penelitian ini menggunakan perbedaan komposisi waktu dan kuat arus listrik (volt). Adapun jumlah sampel eksperimen keseluruhan yang dibuat yaitu 3 bak dan 1 bak kontrol. Data diperoleh dari proses pengujian kadar krom (Cr), besi (Fe), Mangan (Mn), dan pH, yang kemudian dilakukan analisa deskriptif pada presentase grafik hasil pengujian pada setiap perlakuan penelitian dan dilakukan perbandingan pada setiap variasi komposisi waktu dan kuat arus listrik pada setiap bak pengolahan. Berikut rancangan alat pengolahan elektrolisis dengan sistem *batch* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Rancangan Alat Pengolahan Elektrolisis dengan Sistem *Batch*

#### 4. PEMBAHASAN DAN ANALISA

Dari hasil analisis data yang didapatkan penurunan konsentrasi besi (Fe) terbesar yang ditunjukkan berada pada variasi tegangan 6 volt dan lama waktu kontak 60 menit, dengan konsentarsi 40,70 mg/L dari konsentrasi awal larutan sebesar 65,50 mg/L sehingga menghasilkan besar penyisihan hingga 37,86%.

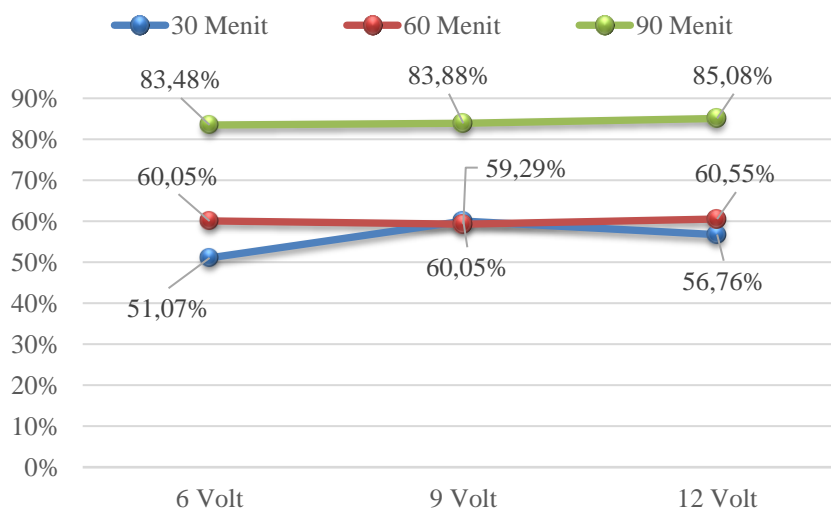


Gambar 2. Efisiensi Penurunan Konsentrasi Besi (Fe)

Dari Gambar 2 dapat dilihat terjadinya naik dan turun efisiensi penurunan kandungan besi (Fe) pada tiap variasi, pada variasi 6 volt dengan waktu 30 menit dan 9 volt 30 menit terjadi peningkatan efisiensi sebesar 37,68% dan 26,41% kemudian terjadi penurunan pada 6 volt 30 menit dan 9 volt 60 menit sebesar 21,37% dan 11,75%. Dari data tersebut terjadi kejenuhan pada elektroda dan medan magnet yang terjadi sudah sangat kecil maka proses elektrolisis tidak bekerja pada kondisi maksimal. Menurut Irfan Ansory dalam Satriananda (2011), besi (Fe) pada deret volta berada disebelah kanan dari *chromium* (Cr), dan mangan (Mn) sehingga sifat dari besi ini yang tidak terlalu aktif melepas elektron (sukar mengalami oksidasi) pada anoda membuat proses reduksi yang terjadi pada katoda tidak maksimal dan menyebabkan logam berat besi (Fe) tidak tertarik secara maksimal. Menurut Susetyaningsih (2008), Medan magnet diantara plat elektroda ketika masih cukup besar menyebabkan sistem ionik dari logam – logam yang dominan saling berkompetisi untuk menempel pada plat elektroda.

Menurut data tersebut setelah dilakukan pengolahan secara elektrolisis nilai kadar besi (Fe) pada limbah laboratorium Teknologi Lingkungan masih dibawah baku mutu air limbah PERMENLH No.5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah, untuk itu masih perlu dilakukan pengolahan lanjutan terlebih dahulu seperti pengolahan dengan metode Cascade Aerator yang memiliki fungsi menghilangkan logam berat pada limbah cair.

Dari hasil analisis data yang didapatkan penurunan konsentrasi *Chromium* (Cr) terbesar yang ditunjukkan berada pada variasi tegangan 12 volt dan lama waktu kontak 90 menit, dengan konsentarsi 11,90 mg/L dari konsentrasi awal larutan sebesar 79,1 mg/L sehingga menghasilkan penyisihan hingga 85,08%.

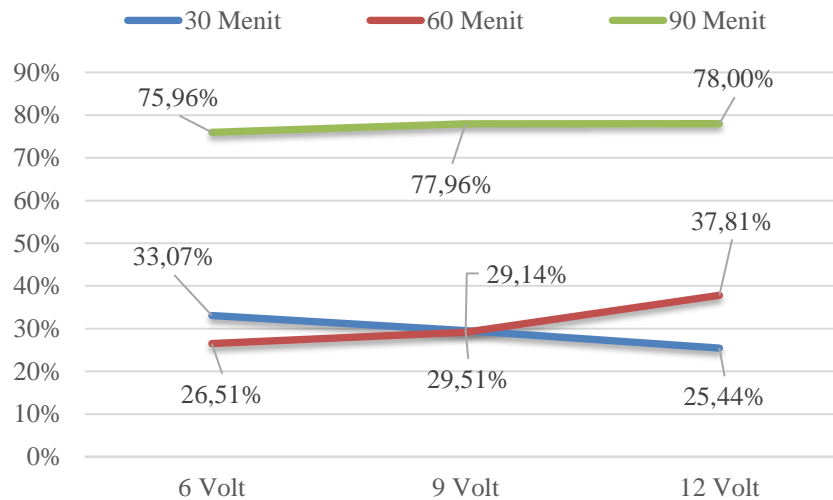


**Gambar 3. Efisiensi Penurunan Konsentrasi *Chromium* (Cr)**

Dari Gambar 3 diatas dapat dilihat terjadinya naik dan turun efisiensi penurunan kandungan *chromium* (Cr) pada tiap variasi waktu 30 menit dan 60 menit. Dari data tersebut terjadi kejenuhan pada elektroda dan medan magnet yang terjadi sudah sangat kecil maka proses elektrolisis tidak bekerja pada kondisi maksimum terlihat pada variasi 9 volt dengan waktu 30 menit nilai efisiensi menurun dari 60,05% menjadi 56,76% pada variasi 12 volt dengan waktu 30 menit dan pada variasi 6 volt dengan waktu 60 menit nilai efisiensi menurun dari 60,05% menjadi 59,29% pada variasi 9 volt dengan waktu 60 menit. Hal ini bisa disebabkan dikarenakan sebagian besar flock *chromium* akhirnya menempel pada plat telah menebal di permukaan plat sehingga mengurangi kemampuan plat aluminium sebagai katoda dan anoda tempat proses penarikan kontaminan (Wahyulis, 2014). Proses kompetitif antara logam berat yang menyebabkan peningkatan efisiensi logam berat *chromium* (Cr) memenuhi plat, maka proses penarikan logam berat lainnya akan tidak bekerja secara maksimal (Susetyaningsih, 2008).

Menurut data tersebut setelah dilakukan pengolahan secara elektrolisis nilai kadar *chromium* (Cr) pada limbah laboratorium Teknologi Lingkungan masih dibawah baku mutu air limbah PERMENLH No.5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah, untuk itu masih perlu dilakukan pengolahan lanjutan terlebih dahulu seperti pengolahan dengan metode Cascade Aerator yang memiliki fungsi menghilangkan logam berat pada limbah cair.

Dari hasil analisis data yang didapatkan penurunan kadar mangan terjadi setelah proses elektrolisis dilakukan dengan nilai tertinggi sebesar 59,40 mg/L dari konsentrasi awal larutan sebesar 270,00 mg/L dengan efisiensi penyisihan sebesar 78,00%. Penurunan ini terjadi pada tegangan 12 volt dengan waktu kontak 90 menit.

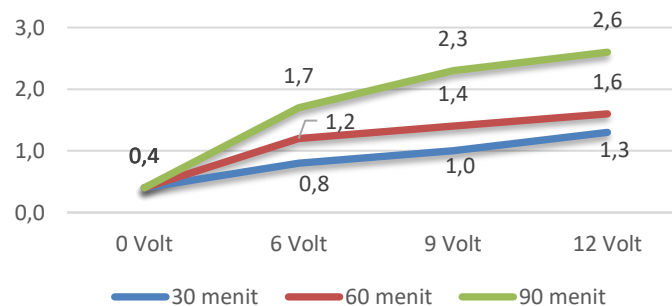


**Gambar 4. Penurunan Efisiensi Konsentrasi Mangan (Mn)**

Dari Gambar 4 dapat dilihat pada variasi waktu pengolahan 30 menit terjadi penurunan efisiensi pada variasi tegangan 9 volt dan 12 volt. Dari data tersebut pada variasi 9 volt dengan waktu 30 menit dan variasi 12 volt dengan waktu 30 menit ini terjadi kejenuhan pada elektroda dan medan magnet yang seharusnya masih mampu menarik mangan (Mn) menjadi sangat kecil maka proses elektrolisis tidak bekerja pada kondisi maksimum. Menurut Susetyaningsih (2008), dapat diduga sebagian besar dipengaruhi oleh flok mangan (Mn) yang terbentuk akhirnya menempel pada plat dan menumpuk sehingga mengurangi kinerja elektroda.

Menurut data tersebut setelah dilakukan pengolahan secara elektrolisis nilai kadar Mangan (Mn) pada limbah laboratorium Teknologi Lingkungan masih tidak memenuhi baku mutu air limbah PERMENLH No.5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah, untuk itu masih perlu dilakukan pengolahan lanjutan terlebih dahulu seperti pengolahan dengan metode Cascade Aerator yang memiliki fungsi menghilangkan logam berat pada limbah cair.

Dari hasil analisis data didapatkan peningkatan nilai pH tertinggi dari proses elektrolisis yang dilakukan dengan nilai tertinggi sebesar 2,6 . Penurunan ini terjadi pada tegangan 12 volt dengan waktu kontak 90 menit.



**Gambar 5 Penurunan Konsentrasi pH**

Dari Gambar 5 dapat dilihat pada variasi waktu pengolahan 30 menit, 60 menit, dan 90 menit dan variasi tegangan 6 volt, 9 volt, dan 12 volt terjadi peningkatan nilai pH. Dari data tersebut menunjukkan bahwa semakin lama waktu kontak dan semakin tinggi tegangan yang diberikan selama proses elektrokoagulasi maka nilai pH akan semakin meningkat. Ni'am dkk, (2007) menegaskan bahwa kenaikan nilai pH ini adalah faktor penting dalam menunjukan performa selama proses

elektrolisis. Peningkatan pH ini disebabkan oleh proses reduksi air pada katoda yang meningkatkan kadar ion  $\text{OH}^-$  pada proses elektrolisis.

Menurut data tersebut setelah dilakukan pengolahan secara elektrolisis nilai kadar pH pada limbah laboratorium Teknologi Lingkungan masih tidak memenuhi baku mutu kualitas air limbah PERMENLH No.5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah, untuk itu masih perlu dilakukan pengolahan lanjutan terlebih dahulu seperti pengolahan dengan metode Cascade Aerator yang memiliki fungsi meningkatkan pada limbah cair.

## 5. KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pengolahan limbah Laboratorium Teknologi Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Mulawarman dengan metode Elektrolisis ini efektif digunakan untuk menurunkan kadar logam berat *chromium*, mangan, dan peningkatan nilai pH setelah pengolahan. Hal ini dapat dilihat dari besarnya penurunan nilai efektifitas pada logam berat Cr sebesar 85,08% pada variasi tegangan 12 volt dengan waktu 90 menit, logam berat Mn sebesar 78,00% pada variasi tegangan 12 volt dengan waktu 90 menit dan peningkatan nilai pH sebesar 2,6. Namun dari proses elektrolisis yang dilakukan menunjukkan bahwa, tidak mutlak semakin tinggi tegangan dan semakin lama waktu pengolahan dapat menurunkan kandungan logam berat secara maksimal, dikarenakan masih terdapat perbedaan efektifitas penurunan kandungan logam berat pada variasi tegangan dan waktu penelitian.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada kedua orang tua, keluarga dan teman-teman atas doa dan dukungannya. Selanjutnya penulis berterima kasih kepada dosen pembimbing yang telah memberikan saran dan masukan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amril, A., Refilda., Arifin, B., 2013, Analisis pH, BOD, COD, Logam (Pb, Cu, Cd, Fe, dan Zn) pada Drainase Fakultas MIPA dan Fakultas Farmasi UNAND, Jurnal Kimia Unand
- Palar, Herdayanto., 2008, Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat, Rineka Cipta, Jakarta.
- Satriananda., 2011, Penyisihan Besi (Fe) Dalam Air Dengan Proses Elektrokoagulasi, Jurnal Reaksi Jurusan Teknik Kimia POLITEKNIK Negeri Lhoksumawe, Vol. 7 No15.
- Susetyaningsih, T., Kismolo, E., dan Prayitno, 2008, Kajian Proses Elektrokoagulasi Untuk Pengolahan Limbah Cair, Seminar Nasional IV SDM Teknologi Nuklir, Yogyakarta.
- Wahyulis, Chanifa Nur., Ulfir, Ita., Harmani., 2014, Optimasi Tegangan Pada Proses Elektrokoagulasi Penurunan Kadar Kromium dari Filtrat Hasil Hidrolisis Limbah Padat Penyamakan Kulit, Jurnal SAINS dan Seni POMITS Vol. 3, Surabaya.